

بررسی وضعیت ذخایر و شاخص‌های نقاط مرجع شیلاتی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) در دریاچه پشت سد ارس استان آذربایجان غربی

علی حقی وایقان^{۱*} و مهرناز قنبرزاده^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵)

چکیده

دریاچه پشت سد ارس بزرگ‌ترین منبع آبی شمال غرب کشور به لحاظ بهره‌برداری از انواع آبزیان می‌باشد، اما اطلاعات مربوط به وضعیت ذخایر آبزیان آن بسیار محدود می‌باشد. هدف از این مطالعه، تعیین وضعیت ذخایر ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در دریاچه پشت سد ارس با استفاده از جدیدترین نسخه مدل صید-حداکثر محصول پایدار ($CMSY^{++}$) بود. برای این منظور، با استفاده از داده‌های صید سال‌های ۱۳۹۲ الی ۱۴۰۱ و بکارگیری مدل $CMSY^{++}$ ، سقف برداشت و میزان ذخیره جمعیت گونه کپور معمولی در دریاچه پشت سد ارس تخمین زده شد. نتایج بیانگر وضعیت نامناسب این گونه در دریاچه پشت سد ارس و بالا بودن فشار صید بر ذخایر آن است. بررسی رابطه طول و وزن کپور معمولی بیانگر الگوی رشد همگون بود. بطور کلی، تداوم این روند و عدم تعدیل بهره‌برداری چه بصورت مجاز و چه غیرمجاز از ذخایر گونه، منجر به کاهش و نهایتاً تخلیه ذخیره خواهد شد. این مطالعه، لزوم مدیریت صید و صیادی به ویژه صید غیرمجاز، توجه به سقف برداشت سالانه مجاز، بکارگیری سیاست‌های مدیریتی، برنامه بازسازی ذخایر و حفاظت از مناطق نوزادگاهی گونه کپور معمولی دریاچه پشت سد ارس را به مدیران اجرایی استان توصیه می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت ذخایر، مدل $CMSY^{++}$ ، دریاچه پشت سد ارس، کپور معمولی، رابطه طول و وزن

۱- گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتمیا و آبرزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، کدپستی: ۵۷۱۷۹-۴۴۵۱۴

۲- گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس، ایران، کدپستی: ۷۱۴۴۱-۶۵۱۸۶

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a.haghi@urmia.ac.ir

مقدمه

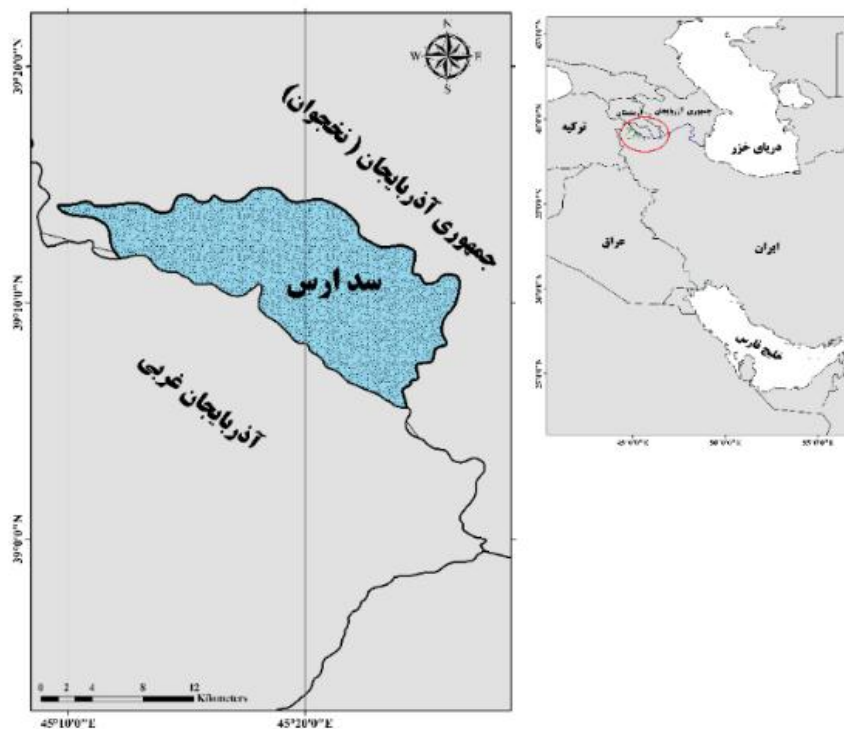
دریاچه پشت سد ارس با ۱۵ هزار هکتار وسعت یکی از بزرگترین دریاچه‌های پشت سد در ایران و یک دریاچه مصنوعی در ۴۰ کیلومتری شهرستان جلفا واقع در استان آذربایجان غربی است. آب مخزن دریاچه سرشار از مواد بیوژن است و دارای انواع زیادی از ماهیان آب شیرین است و از نظر توریستی و ماهیگیری جایگاه ویژه‌ای دارد. این دریاچه بزرگ‌ترین منبع تولید انواع آبزیان است که از سال ۱۳۵۱ مورد بهره‌برداری شیلاتی قرار گرفته است. در این دریاچه ماهیان مهمی از جمله کپور معمولی، سوف، ماش، اسبله، کلمه، سیم‌نما، سیم و ... زیست می‌کنند (۱) که هر ساله از آغاز فصل صید ماهی، بیش از ۳۷۰۰ تن انواع گونه‌های تجاری و غیرتجاری ماهی توسط ۲ شرکت تعاونی و صیادان غیرمجاز از دریاچه صید و به بازار مصرف در سراسر کشور عرضه می‌شود (۳۰). همچنین برخی از گونه‌ها برای بازارهای صادراتی به ویژه عراق و آذربایجان ارسال و یا برای تبدیل به پودر ماهی استفاده می‌شوند. در حقیقت، دریاچه این سد امروزه یکی از منابع آبی مهم کشور در زمینه آبی‌پروری محسوب می‌شود.

کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) یکی از گونه‌های ماهیان تجاری مورد بهره‌برداری تعاونی‌های مستقر در دریاچه سد ارس می‌باشد که در سال‌های اخیر ذخایر آن دچار تغییرات شده است. این گونه از گونه‌های ماهیان اقتصادی دریای کاسپین است که در اکثر رودخانه‌های حوزه جنوبی، تالاب‌ها و خلیج‌های آن یافت می‌شود. ماهی کپور به طور طبیعی و بومی در حوضه دریای کاسپین و دریاچه سد ارس حضور دارد و سالانه جهت بازسازی ذخایر آن میلیون‌ها بچه ماهی به منابع آبی رهاسازی می‌شود (۲). در سال‌های اخیر نشانه‌های مشخصی از برداشت بی‌رویه از ذخایر عمده آبزیان، آسیب به زیستگاه‌های مطلوب و زیان‌های اقتصادی موازی با فعالیت‌های شیلاتی در جهان به چشم می‌خورد (۱۴، ۲۱، ۲۲ و ۲۳). بر اساس گزارش‌های جهانی، نسبت ذخایر با سطح پایدار زیستی به ذخایر با سطح ناپایدار زیستی در سال ۱۹۷۴ حدود ۹۰

درصد بوده است. اما این شاخص در سال ۲۰۱۶ به حدود ۶۷ درصد و در سال ۲۰۲۱ به ۶۲/۳ درصد کاهش یافته است و بدین ترتیب اقدامات مدیریتی فوری در سطح جهانی ضروری می‌باشد (۹ و ۱۰). دریاچه پشت سد ارس نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. متأسفانه سال گذشته حدود ۷۰ درصد صید از این منبع آبی مهم (که به عنوان بزرگ‌ترین منبع آبی شمال غرب کشور نیز به شمار می‌رود) توسط صیادان غیرمجاز انجام شده است (۳۰) که این امر علاوه بر به خطر انداختن معیشت صیادان مجاز (در قالب تعاونی)، آسیب جدی به ذخایر را نیز به دنبال خواهد داشت. مبنای حفاظت از منابع شیلاتی، تضمین دراز مدت برای بهره‌برداری پایدار و مسئولانه از این منابع است. از طرفی بهره‌برداری بهینه و اقتصادی از منابع شیلاتی از جمله ماهی‌ها که جزو اهداف اساسی علم ارزیابی ذخایر است، مستلزم شناخت و مدیریت هر چه بیشتر و بهتر این منابع می‌باشد. محققین با داشتن اطلاعات زیستی این منابع با ارزش می‌توانند برای ارزیابی ذخایر آن‌ها، برنامه‌ریزی نمایند (۳). ارزیابی ذخایر به عنوان بخشی از علم شیلات، وضعیت یک ذخیره ماهی و همچنین نتایج حاصل از راهکارهای مدیریتی متفاوت را مطالعه می‌کند. این علم به محققین کمک می‌کند تا بتوانند برای پاسخگویی به نیازهای غذایی جامعه بشری از نابودی گونه‌ها جلوگیری کنند (۴).

علیرغم اهمیت بالای دریاچه پشت سد ارس به لحاظ تولید انواع آبزیان و وجود انواع ماهیان در این حوضه آبی، متأسفانه در حال حاضر اطلاعات مربوط به پارامترهای تاریخیچه زندگی این گونه‌ها از جمله ویژگی‌های بیولوژیکی، اکولوژیکی و رفتاری در منطقه، بسیار محدود است. به همین دلیل امکان استفاده از مدل‌های پیچیده، برای ارزیابی ذخایر این گونه‌ها در منطقه، وجود ندارد. بنابراین در این گونه مطالعات بهتر است برای تعیین وضعیت ذخایر ماهیان موجود، از مدلی استفاده شود که مخصوص ذخایر است که در مورد آن‌ها اطلاعات محدودی وجود دارد (۱۷ و ۲۸).

مدل صید-حداکثر محصول پلیدار (Catch-Maximum)



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی دریاچه پشت سد ارس در استان آذربایجان غربی

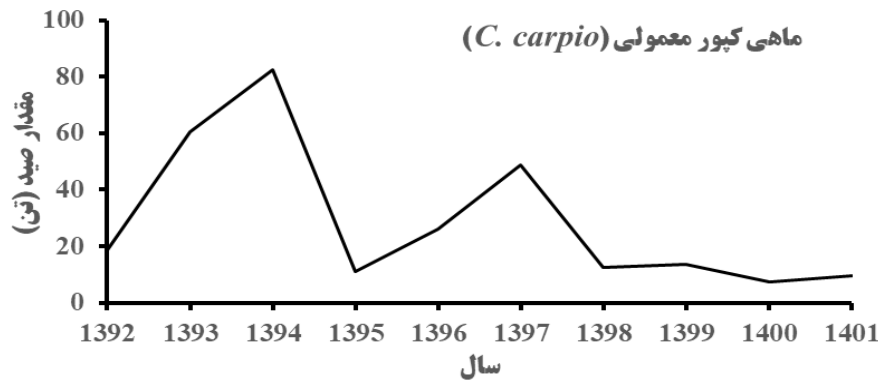
شیلاتی در جهان به طور رسمی چنین نقاطی وجود نداشته و میزان بهره‌برداری و وضعیت ذخیره آن‌ها ناشناخته مانده است (۱۷، ۲۶، ۴۶ و ۴۷). بنابراین می‌توان با به کارگیری نقاط مرجع شیلاتی، سیاست‌های مدیریتی لازم را تعیین و در جهت مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی حرکت نمود (۲۴ و ۴۷). از این رو، با توجه به اهمیت دریاچه پشت سد ارس در تولید انواع ماهیان، هدف این مطالعه بررسی وضعیت ذخایر و تعیین نقاط مرجع شیلاتی ماهی کپور معمولی به منظور برنامه‌ریزی مدیریتی و بهره‌برداری پایدار در دریاچه پشت سد ارس بود.

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در آب‌های دریاچه پشت سد ارس در استان آذربایجان غربی بود که در عرض ۳۹/۱۹ درجه شمالی و طول ۴۵/۳۱ درجه شرقی قرار دارد (شکل ۱).

یکی از این مدل‌هاست که (Sustainable Yield; CMSY⁺⁺)، امروزه به طور وسیع برای تخمین وضعیت بهره‌برداری ذخایر ماهیان موجود در منابع آبی استفاده می‌شود (۱۹). یک مزیت اساسی استفاده از روش مذکور این است که در شرایط محدودیت داده (سری‌های زمانی صید) قابلیت به کارگیری دارد، و علیرغم این موضوع، نتایجی تولید می‌کند که می‌تواند از سیاست‌ها و تصمیمات مدیریتی در سطح ملی و منطقه‌ای پشتیبانی کند. در واقع، به کمک این مدل پارامترهای مهمی از جمله حداکثر محصول پایدار (Maximum Sustainable Yield; MSY)، زیست‌توده حداکثر محصول پایدار (Biomass of maximum sustainable yield; B_{MSY}) و مرگ و میر صیادی حداکثر محصول پایدار (Fishing mortality of maximum sustainable yield; F_{MSY})، که از آن‌ها به عنوان مهم‌ترین نقاط مرجع شیلاتی (Fisheries Reference Points) برای مدیریت یاد می‌شود، تخمین زده می‌شوند. نقاط مرجع شیلاتی از موارد مهم و تأثیرگذار بر مدیریت شیلاتی بوده و برای بسیاری از ذخایر



شکل ۲. روند صید ماهی کپور معمولی در آبهای دریاچه پشت سد ارس طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱

تهیه و آماده‌سازی داده‌ها

داده‌های صید جمعیت ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) در دریاچه پشت سد ارس طی سال‌های گذشته، از گزارش‌های روزانه مربوط به تعاونی‌های فعال در منطقه ارس (تعاونی ۱۷ و ۱۸ ارس) که توسط اداره شیلات استان آذربایجان غربی تهیه شده بود، جمع‌آوری گردید. داده‌های صید مربوط به ۱۰ سال گذشته از سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ (شکل ۲) جمع‌آوری و برای محاسبه شاخص‌های ذخیره، وارد مدل شدند. هم‌چنین، جهت دستیابی به رابطه طول-وزن از اواخر مهر تا پایان اسفند ۱۴۰۲ به صورت هفتگی، به تعاونی‌های صیادی ارس جهت زیست‌سنجی مراجعه شد. به این منظور، بیش از ۳۰۸ قطعه ماهی مورد بررسی قرار گرفت. زیست‌سنجی نمونه‌ها شامل اندازه‌گیری طول کل و وزن بدن بود. طول نمونه‌ها بوسیله خط‌کش زیست‌سنجی با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد.

مدل $CMSY^{++}$ جهت تخمین نقاط مرجع شیلاتی

$CMSY^{++}$ یک روش پیشرفته بیزی (فضای حالت) برای ارزیابی ذخایر است که نقاط مرجع شیلاتی (MSY ، F_{MSY} ، B_{MSY}) و هم‌چنین وضعیت یا اندازه نسبی ذخیره (B/B_{MSY}) و فشار ماهیگیری یا بهره‌برداری (F/F_{MSY}) را از داده‌های صید و (به طور انتخابی) داده‌های فراوانی تخمین می‌زند (۱۷، ۱۹، ۳۵). هم‌چنین، یک مقدار پیشین (یک پیش‌فرض) برای انعطاف‌پذیری یا بهره‌وری نرخ رشد آنی جمعیت (r) و مقادیر پیشین

(پیش‌فرض‌های) گسترده برای نسبت زیست‌توده به زیست توده برداشت نشده (B/k) در ابتدا، وسط و پایان سری‌های زمانی را تخمین می‌زند. این مدل در واقع مدل پیشرفته‌تر از مدل Catch- MSY توسعه یافته توسط Martell و Froese (۲۸) است و اساس هر دو این مدل‌ها، مدل اصلاح شده تولید مازاد شیفر می باشد که امکان برازش شاخص‌های فراوانی را در صورت وجود چنین اطلاعاتی فراهم می‌کند. شایان ذکر است که در مدل تولید مازاد شیفر، ارتباط بین زیست‌توده و صید، بر اساس نرخ رشد آنی جمعیت (r) تعریف می‌شود و فرض بر این است که زیست‌توده تولیدکننده حداکثر محصول پایدار برابر با ۵۰ درصد زیست‌توده صید نشده می‌باشد. نسخه $CMSY^{++}$ هم‌چنین نسخه پیشرفته‌تر از روش $CMSY$ ارائه شده توسط Froese و همکاران (۱۷) است که توانسته بر چندین نقص مدل $CMSY$ فائق آید. تفاوت‌های اصلی این دو روش عبارتند از (۱) استفاده از یک رویکرد بیزی کامل با مدل‌سازی زنجیره مارکوف مونت کارلو (Markov Chain Mont Carlo ; MCMC) هم‌چنین برای تجزیه و تحلیل مدل $CMSY$ ، (۲) اجرای سریع‌تر، (۳) استفاده از یک شبکه عصبی هوش مصنوعی برای پیش‌بینی پیش‌فرض‌های زیست‌توده از صید، و (۴) تأکید بیشتر بر خروجی‌های گرافیکی شامل نمودارهای تحلیلی مختلف (۱۹). یک مزیت و پیشرفت عمده برای این روش همانند مدل تولید مازاد بیزین (Bayesian Schaefer model)، معرفی پیش‌فرض‌های چند متغیره نرمال برای r و k در فضای لگاریتمی است که جایگزین توزیع‌های

شد تا کاهش معمول بازگشت شیلاتی در اندازه‌های کوچک جمعیت (میزان زیست‌توده کم) به حساب آید و در واقع جایگزین رابطه (۱) شود (۱۷):

$$B_{t+1} = B_t + \left(\frac{4B_t}{k} \right) r \left(1 - \frac{B_t}{k} \right) B_t - C_t \Big|_{B_t/k < 0.25} \quad \text{رابطه (۲)}$$

4Bt/k: کاهش خطی r را ایجاد می‌کند به شرط اینکه زیست‌توده به زیر k/4 برسد (تا کاهش بازگشت‌ها و بنابراین بهره‌وری در اندازه‌های کم جمعیت به حساب آید). نیمی از BMSY، که در محتوای مدل شیفر k/4 است، معمولاً به عنوان علامت (مرز) نماینده زیست‌توده انتخاب می‌شود که کمتر از آن ممکن است بازگشت‌ها از بین برود. این ویژگی تجربی، نیاز به پارامترهای اضافی برای یک رابطه ذخیره-بازگشت را غیرضروری می‌کند (۴۰) که به طور معمول در ذخایری با داده‌های محدود شناخته‌شده نیستند. این ویژگی متعاقباً در سایر نرم‌افزارهای مدل‌سازی تولید مازاد، مانند JABBA (۴۴) و srplus (۳۴) مورد استفاده قرار گرفت. این مورد به عنوان یک اثر ضعیف شناخته می‌شود که کاهش شدیدتر بازگشت و در نتیجه انعطاف‌پذیری و بهره‌وری را در اندازه‌های خیلی پایین جمعیت توصیف می‌کند. مدل شیفر را می‌توان به عنوان تابعی از r و MSY، بدون k بیان کرد (رابطه ۳). با این حال، این ترتیب، پویایی مدل را تغییر نمی‌دهد و اصطلاح جدید برای تولید مازاد کمتر از اصطلاح اصلی (رابطه ۱)، قابل درک به نظر می‌رسد:

$$B_{t+1} = B_t + r \cdot B_t - \frac{(rB_t)^2}{4MSY} - C_t \quad \text{رابطه (۳)}$$

برای حفظ شکل اصلی مدل پایه CMSY (رابطه ۲) با پارامترهای r و k، همبستگی درون‌ذخیره‌ای بین r و k در توزیع لوگ نرمال چند متغیره (Multivariate lognormal; MVLN) که توسط موارد زیر اجرا شده بود، محاسبه گردید: (۱) ترسیم یک نمونه بزرگ (n=10000) از انحرافات تصادفی مستقل از log (r̃) و log (MSY) از توزیع‌های قبلی خودشان، (۲) محاسبه log (r̃) - log (MSY) - log (k) = log (4) + log (MSY) - log (r̃)، و (۳) محاسبه میانگین و کوواریانس log (r̃) و log (k) که ۴) سپس به عنوان ماتریس کوواریانس برای r-k~MVLN اولیه (پیشین) در فرموله کردن

قبلی پیش‌فرض‌های یکنواخت می‌شود. این امر، همچنین امکان تعیین ساده‌ترین جفت r-k را در مدل CMSY و زمان‌های اجرای سریع‌تر را فراهم می‌کند. مراحل توسعه و پیشرفت مدل CMSY++ از مدل‌های Catch-MSY (۲۸) و مدل CMSY (۱۷) به شرح زیر می‌باشد:

CMSY++ و مدل‌های قبل‌تر از آن بر اساس اولین مشتق منحنی لجستیک رشد جمعیت هستند (۴۲)، که در آن تعداد افراد با مجموع وزن بدنشان جایگزین می‌شود (۳۸ و ۳۹):

$$B_{t+1} = \{B_t + r \left(1 - \frac{B_t}{k} \right) - C_t e^{\epsilon_t}\} e^{\eta_t} \quad \text{رابطه (۱)}$$

Bt: زیست‌توده (تن در سال t)

Ct: صید (تن در سال t)

r: نرخ ذاتی رشد جمعیت (year⁻¹)

k: ظرفیت تحمل محیط برای جمعیت (تن)

εt: توزیع نرمال خطای مشاهده صیدها

ηt: خطای فرآیند

خطای مشاهده و خطای فرآیند به عنوان لوگ نرمال پیاده‌سازی می‌شوند. بیان این عبارات خطاهای لوگ نرمال در معادلات بعدی حذف شده است. بنابراین، اگر تخمین معقولی از زیست‌توده اولیه و k برای تعیین کمیت اندازه ذخیره (زیست‌توده) برداشت نشده و ابتدایی در دسترس باشد، و اگر یک تخمین منطقی از r را بتوان از خصوصیات تاریخیچه زندگی بدست آورد (که در تارنمای فیش‌بیس انجام شده است (۱۹))، یک سری زمانی از زیست‌توده، بر اساس سری‌های زمانی صید، با مرگ و میر حداکثر محصول پایدار FMSY = r/2 و زیست‌توده حداقل که بتواند حداکثر محصول پایدار (MSY) را به صورت BMSY = k/2 تولید کند، می‌تواند طراحی شود. این رویکرد به عنوان آنالیز تصادفی کاهشی شناخته می‌شود (۲۷ و ۴۳). تا این مرحله و در روش Catch-MSY، محدوده‌های احتمالی برای دو پارامتر r و k به کمک روش مونت کارلو فیلتر اجرا می‌شود تا بهترین جفت‌های "r-k" که معمولاً منجر به یک ابر مثلی شکل در فضای نمودار می‌شود، شناسایی گردند. در ادامه محاسبات مربوط به مدل CMSY++، مدل CMSY طبق رابطه زیر فرموله

فضای $Bt/k-Ct/MSY$ ، تغییر می‌کند. منحنی تعادل برای تعامل (اثر متقابل) بین زیست توده نسبی (B/k) و صید نسبی (C/MSY) برای مدل اصلاح شده شیفز از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\frac{C}{MSY} = (4\frac{B}{k} - (2\frac{B}{k})^2) \cdot RC \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن RC برای تصحیح بازگشت با $RC=4 B/k < 0.25$ و در غیر این صورت با $RC=1$ است (مانند رابطه ۲).

منحنی تعادل برای مدل فاکس (۱۹۷۰) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\frac{C}{MSY} = e^{\frac{B}{k}} (1 - \log(e \cdot \frac{B}{k})) \quad \text{رابطه (۶)}$$

e مخفف عدد Euler یعنی مقدار ۲/۷۱۸ است.

محاسبه رابطه طول و وزن

رابطه طول و وزن با استفاده از رابطه توانی (۷) محاسبه شد (۱۶):

$$W = aL^b \quad \text{رابطه (۷)}$$

W : وزن کل ماهی به گرم

L : طول کل ماهی به سانتی‌متر

a : عرض از مبدأ (مقدار ثابت)

b : شیب (نمای معادله توانی)

برای تعیین الگوی رشد، از فرمول پائولی (شکل خاص آزمون t) استفاده شد که در آن مقدار b محاسبه شده با عدد ۳ (معیار استاندارد رشد همگون $W=aL^3$) مقایسه و بر اساس کوچکتر یا بزرگتر بودن b بدست آمده از مقدار ۳، و محاسبه t پائولی و مقایسه با t جدول با درجه آزادی $n-1$ و در سطح احتمال ۰/۹۵، همگون (Isometric) و یا ناهمگون (Allometric) بودن رشد تعیین شد:

$$t = \frac{sd(\ln TL)}{sd(\ln TW)} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} \times \sqrt{n-2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$sd(\ln TL)$: انحراف معیار لگاریتم طول کل

$sd(\ln TW)$: انحراف معیار لگاریتم وزن کل

b : شیب بدست آمده از رابطه طول و وزن

t^2 : ضریب تشخیص بین طول و وزن

n : تعداد نمونه

مدل $CMSY^{++}$ و مدل BSM به کار می‌روند. دینامیک زیست‌توده در رابطه (۳) به عنوان یک مدل فضای حالت بیزی اجرا شد که تغییرات تصادفی در دینامیک جمعیت (خطای فرآیند) و صید (خطای مشاهده) را در نظر گرفت. به این ترتیب، زیست‌توده در طول زمان به عنوان یک توالی از متغیرهای تصادفی مدل می‌باشد. این امر باعث می‌شود که مدل به طور کامل توسط پیش‌فرض‌ها هدایت شود، که این موضوع زمانی اتفاق می‌افتد که متغیرهای تصادفی از طریق یک تابع قطعی به هم مرتبط شوند (۴۱). در مدل $CMSY^{++}$ ، برای طبقه‌بندی وضعیت ذخیره از نظر بیشتر یا کمتر بودن از سطح MSY برای مطابقت با رابطه (۴)، یک شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خور (A feed-forward Artificial Neural Network ; ANN) انتخاب شد (۱۵).

$$(B/k)_{t \text{ prior}} = \frac{1+A}{2} \sqrt{\frac{t \sqrt{1-C_t/MSY_{prior}}}{t \sqrt{1-C_t/MSY_{prior}}}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

این رابطه تنها در صورتی که $C_t \leq MSY_{prior}$ باشد راه‌حل‌های واقعی را ارائه می‌کند. بنابراین، کاربرد آن تنها محدود به حالت‌هایی است که $C_t < 0.99 MSY_{prior}$

توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خور بهینه با استفاده از استراتژی رو به رشد در حین اجرای اعتبارسنجی متقابل ۲۰ برابری با جداسازی تصادفی ۵٪ تا ۹۵٪ در مجموعه داده‌های آموزشی و آزمایشی یافت شد، و از یک لایه پنهان با ۷۱ نورون تشکیل شده است. به عنوان یک مدل جایگزین، همچنین یک مدل حافظه بلند کوتاه "پایان به پایان" که کل سری‌های زمانی صید را به عنوان ورودی می‌پذیرد، آزمایش شده است. در طول فرآیند اعتبارسنجی متقابل، دقت شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خور، بر اساس محاسبه طبقه‌بندی صحیح زیست‌توده نسبی (B/k) که بیشتر یا کمتر از آستانه MSY برای سال‌های شروع، میانی و پایانی است، ارزیابی شده است. رابطه (۴)، توضیح می‌دهد که چگونه یک تخمین نقطه‌ای از زیست‌توده تعادلی نسبی (B/k)، از نسبت صید به MSY مشتق می‌شود. در دنیای واقعی ذخایر، صید و زیست‌توده به ندرت در تعادل هستند و پهنای و شکل عدم قطعیت با موقعیت تخمین نقطه تعادل در

جدول ۱. شاخص‌های نقاط مرجع شیلاتی ماهی کپور معمولی به کمک روش صید-حداکثر محصول پایدار ($CMSY^{++}$). مقادیر موجود در پرانتز نشان‌دهنده صدک ۲/۵ و ۹۷/۵ است. شاخص‌ها بر اساس تن می‌باشد.

شاخص (Reference point)	گونه (Species)
زیست‌توده (Biomass in last year)	$C. carpio$ کپور معمولی
حداکثر محصول پایدار (MSY)	$0.129 (0.047 - 0.305)$
زیست‌توده حداکثر محصول پایدار (BMSY)	$0.031 (0.024 - 0.045)$
مرگ و میر حداکثر محصول پایدار (FMSY)	$0.243 (0.173 - 0.435)$
زیست‌توده به زیست‌توده حداکثر محصول پایدار (B/BMSY)	$0.125 (0.076 - 0.173)$
مرگ و میر صیادی به مرگ و میر حداکثر محصول پایدار (F/FMSY)	$0.484 (0.217 - 0.829)$
مرگ و میر صیادی (F)	$0.639 (0.253 - 3.35)$
زیست‌توده نسبی	$0.068 (0.0272 - 0.193)$
ظرفیت حمل (K)	$0.242k (0.109 - 0.414)$
بهره‌برداری $F/(t/2)$	$0.486 (0.345 - 0.87)$
میانگین نرخ رشد آنی (r)	$0.639 (0.253 - 3.35)$
B	$0.258 (0.156 - 0.357)$
K	0.129
B/K	0.486
Depletion level	0.27
B/k range	Strong
Trophic level	$0.137 - 0.35$
	$3/1$

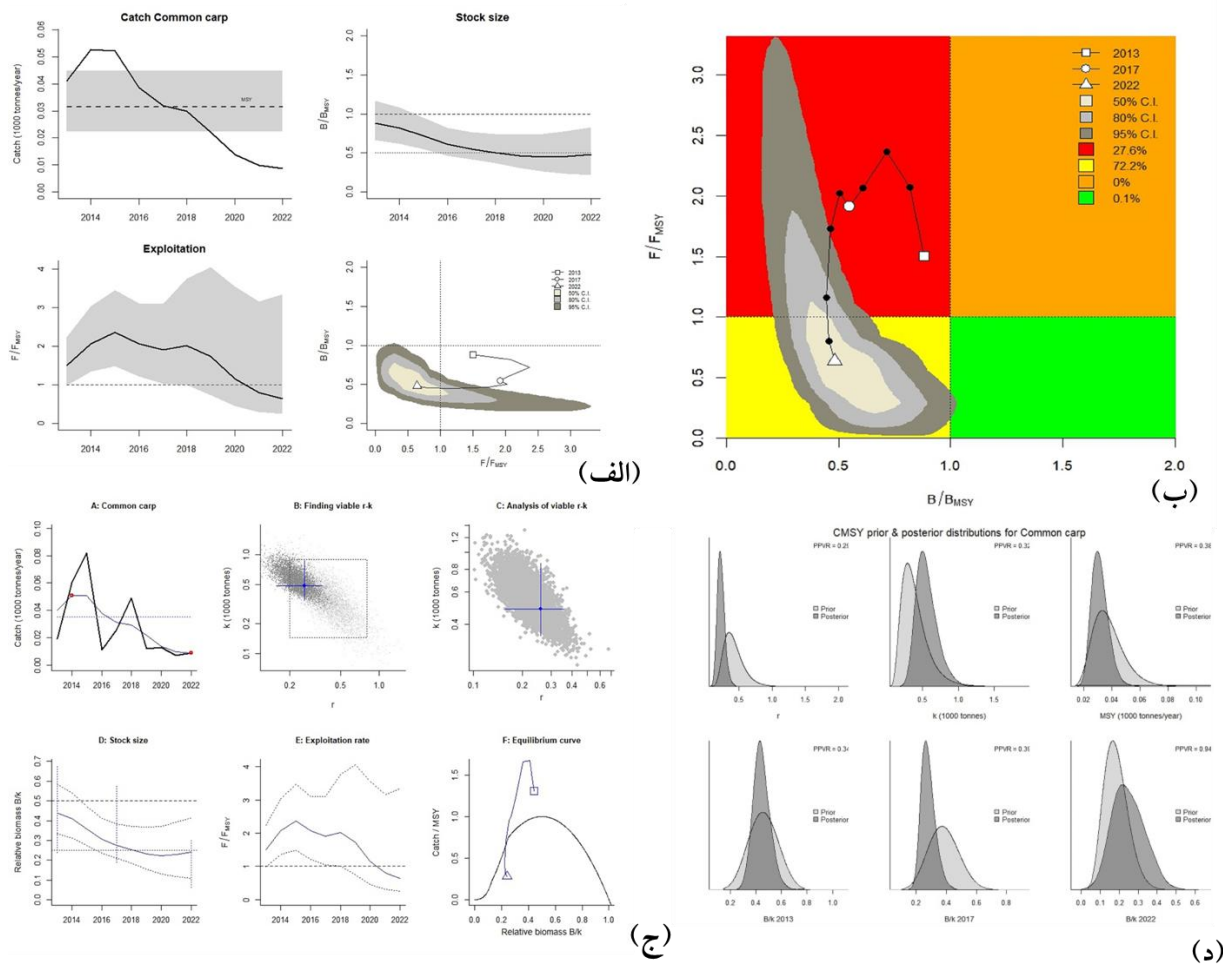
تجزیه تحلیل و آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری و از نرم‌افزار R (version 4.3.3) و RStudio (2024.04.2+764) و SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد و معنی‌داری و حدود اطمینان در سطح ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودار و سایر محاسبات عددی از نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۴۱۱) استفاده گردید.

نتایج

شاخص‌های اصلی نقاط مرجع شیلاتی برای گونه تجاری کپور معمولی (*C. carpio*) دریاچه پشت سد ارس بر اساس مدل صید-حداکثر محصول پایدار ($CMSY^{++}$) تخمین زده شد که

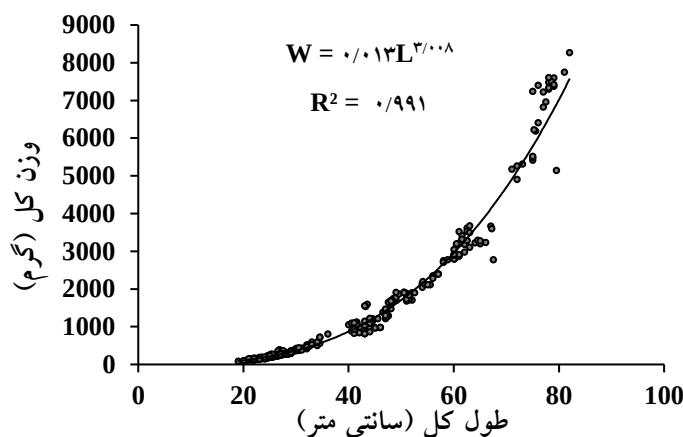
نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به جدول ۱، مقدار هر دو شاخص $B/BMSY$ و $F/FMSY$ در گونه کپور معمولی کمتر از ۱/۰ تخمین زده شد. خروجی مدل $CMSY^{++}$ از کل صید پیش‌بینی شده در مقابل حداکثر محصول پایدار (MSY)، نشان‌دهنده روند کاهشی صید از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ بود که این امر منجر به کاهش اندازه (زیست‌توده) ذخیره از سال‌های ۱۳۹۴ به بعد شده است (شکل ۳-ج و د). به تبع این شرایط و فشار موجود بر ذخیره طی این سال‌ها، میزان حداکثر محصول پایدار در سال‌های بعد از ۱۳۹۷ (از سال ۱۳۹۸ تا کنون) بسیار کمتر از سطح بهینه بوده است (شکل ۳-ج). بر اساس نمودار Kobe و با توجه به شرایط بیان شده، گونه کپور معمولی سد ارس در



شکل ۳. نتایج مدل صید-حداکثر محصول پایدار (CMSY++) برای گونه کپور معمولی (*C. carpio*) در آب‌های دریاچه پشت سد ارس از سال ۱۴۰۱-۱۳۹۲. الف) تغییرات میزان صید، روند زیست توده نسبی (B/K) و مرگ و میر صیادی به مرگ و میر حداکثر محصول پایدار (F/F_{MSY})، ب) طرح کاب (Kobe plot)، ج) روند تغییرات صید، اندازه ذخیره، مرگ و میر صیادی و وضعیت ذخیره بر مبنای (B/B_{MSY})، د) مقایسه تراکم قبل و بعد ماهی کپور معمولی

است. به دلیل عدم وجود ذخیره کافی برای صید، میزان مرگ و میر صیادی استخراج شده از مدل کمتر از ۰/۵ بود. رابطه طول و وزن برای کل جمعیت ماهی کپور معمولی محاسبه شد و میزان ضریب a و b این رابطه برآورد گردید (شکل ۴). مقایسه t محاسبه شده از رابطه پائولی با t جدول نشان داد که t بدست از رابطه پائولی کوچکتر از t بدست آمده از جدول بود و بنابراین شیب خط رگرسیون رابطه طول و وزن در جمعیت این گونه اختلاف معنی‌دار با عدد ۳ نداشت (۰/۰۵ $p >$) و در نتیجه الگوی رشد همگون بود.

محدوده در معرض صید بی‌رویه و صید بیش از حد (Overfishing and Overfished) و محدوده صید بیش از حد (Overfished) نمودار قرار گرفته است (شکل ۳- الف و ب). بر اساس نقاط مرجع شیلاتی به دست آمده از مدل، میزان حداکثر محصول قابل برداشت برای این گونه در آب‌های دریاچه پشت سد ارس، در حدود ۳۱/۴ تن برآورد شد که به دلیل فشار زیاد و تخلیه ذخیره که طی این سال‌ها اتفاق افتاده، در سال‌های بعد از ۱۳۹۷، هیچگاه به این میزان صید نرسیده است و میزان صید همواره از میزان حداکثر محصول قابل برداشت پایدار کمتر بوده



شکل ۴. رابطه طول و وزن گونه کپور معمولی (*C. carpio*) در دریاچه پشت سد ارس

بحث

برای بسیاری از گونه‌های آبزیان ارزیابی تحلیلی رسمی از وضعیت ذخایر آن‌ها وجود ندارد. دلیل این امر در بسیاری از موارد، عدم وجود داده‌های کافی و مناسب برای استفاده از مدل‌های پیچیده ارزیابی ذخایر و روش‌های مبتنی بر فراوانی و سن هستند. این مسأله، منجر به رشد سریع مدل‌های ارزیابی سازگار با داده‌های محدود شده است (۵ و ۸). نسخه جدید $CMSY^{++}$ بر نقایص نسخه‌های قبلی یعنی $Catch-MSY$ و $CMSY$ غلبه کرده و مزایای اصلی آن اجرای سریع‌تر، استفاده از یک شبکه عصبی و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی وضعیت اولیه ذخیره از سری‌های زمانی صید و تولید نمودارهای تحلیلی مختلف است (۱۹). در این مطالعه با توجه به داده‌های محدود در دسترس در مورد گونه کپور معمولی در دریاچه پشت سد ارس، مدل $CMSY^{++}$ بهترین روشی بود که می‌توانست جهت تعیین وضعیت ذخایر آن استفاده شود. با توجه به جدید بودن نسخه $CMSY^{++}$ ، مطالعات محدودی در سطح جهان از این نسخه مدل، جهت مدل‌سازی ذخایر مختلف استفاده نموده‌اند (۱۹). در مطالعه حاضر، به کمک این مدل برخی از مهم‌ترین نقاط مرجع شیلاتی از جمله حداکثر محصول پایدار (MSY)، زیست‌توده حداکثر محصول پایدار (B_{MSY}) و مرگ و میر صیادی حداکثر محصول پایدار (F_{MSY}) که از مهم‌ترین پارامترها

برای مدیریت یک ذخیره می‌باشند، برای گونه کپور معمولی تخمین زده شدند. با توجه به نتایج، مقدار هر دو شاخص B/B_{MSY} و F/F_{MSY} در گونه کپور معمولی، کمتر از ۱/۰ تخمین زده شد. کمتر از ۱/۰ بودن مقدار شاخص B/B_{MSY} در این گونه، بیانگر وضعیت نامناسب آن در دریاچه پشت سد ارس است که نشان می‌دهد که فشار صید بر روی ذخیره این گونه بالا می‌باشد. عواملی مانند میزان صید و برداشت خارج از تحمل ذخایر و همچنین عوامل محیطی که بقاء و بازماندگی و دسترسی به ذخیره را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از عوامل مؤثر بر تحت فشار بودن ذخایر مختلف محسوب می‌شوند (۲۹).

به طور کلی، امروزه منابع دریایی نقش مهمی را در توسعه اقتصادی، اجتماعی و تغذیه جوامع انسانی در جهان ایفا می‌کنند و عدم مدیریت منابع منجر به آسیب به ذخایر دریایی گردیده و نتایجاً برآیندهای اقتصادی و اجتماعی غیر قابل جبرانی را بدنبال خواهد داشت (۶ و ۳۳). آسیب به ذخایر اقتصادی در دریاچه پشت سد ارس در خصوص گونه شاه میگوی آب شیرین نیز به دلیل صید بی‌رویه گزارش شده است (۲۰). در سایر منابع آبی از جمله در دریای کاسپین نیز، ذخایر ماهیان استخوانی شامل کپور معمولی در چند دهه اخیر کاهش یافته است که علل آن را کاهش کیفیت آب، صید بی‌رویه، از بین رفتن محل‌های تخم‌ریزی و غیره عنوان کرده‌اند (۱۱، ۱۲ و ۱۳). صید بی‌رویه که شامل صید بیش از حد مجاز می‌باشد از عوامل مهم کاهش

رابطه طول و وزن در ارزیابی‌های شیلاتی نقش بسیار مهمی دارد. اندازه‌گیری طول و وزن، تعیین رابطه بین آن‌ها و تخمین پارامترهای این رابطه (a و b) در موارد بسیاری از جمله برای برآورد نوع رشد (همگون یا ناهمگون)، تعیین وضعیت و مقایسه خصوصیات تاریخچه زندگی یک گونه ماهی در مکان‌های مختلف، استفاده می‌شوند (۲۵). این پارامترها هم‌چنین برای تخمین وزن میانگین یک گروه طولی خاص استفاده می‌شوند و تبدیل طول‌های مشاهده شده به وزن، سنجشی از زیست‌توده را فراهم می‌کند (۱۶ و ۱۸). میزان ضریب رگرسیون (b) در ماهی‌ها به طور معمول بین ۲/۵-۳/۵ است (۱۶) و مقدار b، الگوی رشد ماهی را مشخص می‌کند (۳۶). در ماهی‌هایی که رشد همگون است یعنی همزمان با رشد هیچ گونه تغییر شکل بدنی اتفاق نمی‌افتد و وزن به صورت توان سوم طول افزایش می‌یابد، بنابراین در این ماهی‌ها مقدار پارامتر b برابر با ۳ است (البته به دلیل تغییرات در پارامتر a، ممکن است شکل بدن تغییر کند (۷)). در این مطالعه، مقدار پارامتر b برای گونه کپور معمولی دریاچه پشت سد ارس، ۳/۰۰۸ محاسبه شد که با توجه به فرمول پائولی، الگوی رشد همگون بوده است. الگوی رشد کپور معمولی دریای کاسپین توسط Fazli و همکاران (۱۲) ناهمگون گزارش شد. Yelghi و همکاران (۴۵)، الگوی رشد در جنس نر کپور معمولی منطقه مصبی گرگانرود را ناهمگون منفی و در ماهیان ماده را ناهمگون مثبت گزارش نمودند. این نتایج با نتایج به دست آمده در این مطالعه مغایرت دارد. الگوی رشد در کپور معمولی وحشی و پرورشی بررسی شده توسط Yeganeh و همکاران (۳۷) همگون گزارش گردید که مطابق با نتایج مطالعه حاضر است. Nikolsky (۳۲)، معتقد است که تغییرات رشد ماهیان از نظر طول و وزن را می‌توان به سازگاری با شرایط محیطی مثل درجه حرارت، مواد مغذی، کیفیت غذایی، نوع سیستم آبی و نیز تفاوت‌های ژنتیکی نسبت داد. ولی با توجه به الگوی رشد همگون به دست آمده در کپور معمولی در این مطالعه، به نظر می‌رسد که شرایط محیطی و ژنتیکی بر الگوی رشد تأثیری نداشته است. هم‌چنین مقادیر a و b نه تنها در

ذخایر در دریای کاسپین شناخته شده است که به علت عدم شناخت میزان ذخایر و میزان مجاز برداشت، در سال‌های گذشته بسیار صورت گرفته است. برای مثال بررسی ذخیره کپور معمولی دریای کاسپین طی سال‌های ۹۸-۱۹۹۷ تا ۲۲-۲۰۲۱، نشان می‌دهد که ذخیره شدیداً تحت فشار صیادی است و با توجه به بزرگتر بودن $F_{current}$ از نقاط مرجع شیلاتی مرتبط یعنی $F_{0.1}$ و $F_{30\%}$ ، ذخیره در معرض صید بی‌رویه است (۱۲). کاهش صید گونه کپور معمولی در دریای کاسپین، منجر به این شده است که شیلات ایران تکثیر مصنوعی و نیمه‌مصنوعی و رهاسازی آن به دریا را در دستور کار خود قرار دهد و نیز این گونه را به زیستگاه‌های جدید از جمله دریاچه پشت سد ارس معرفی نماید.

به طور کلی و بر اساس آمار صید موجود، صید گونه‌های دریاچه پشت سد ارس از جمله گونه کپور معمولی در دهه‌های گذشته دارای نوسان زیادی بوده است به طوری که میزان صید این گونه از ۱۱۷۳۰ تن در سال ۱۳۹۲ به ۵۹۱۰ تن در سال ۱۴۰۱ کاهش یافته است. متأسفانه حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد از ماهیان این منبع عظیم آبی از جمله ماهی کپور معمولی توسط صیادان غیرمجاز بومی صید می‌شود که آسیبی جدی به صنعت شیلات این منطقه و اشتغال مردم محلی و بومی وارد کرده است. در سال‌های اخیر به دلیل صید بیش از حد و از بین رفتن مناطق نوازدگامی گونه کپور معمولی به دلیل فعالیت‌های انسانی، زیست‌توده (اندازه) ذخیره این گونه در دریاچه پشت سد ارس نیز شدیداً کاهش پیدا کرده است. در نتیجه فشار صید و تخلیه ذخیره که اتفاق افتاده است، میزان برداشت از این ذخیره هیچ‌گاه نتوانسته است به حداکثر محصول پایدار برسد و در سال‌های بعد از ۱۳۹۷، میزان صید همواره پایین‌تر از حداکثر محصول پایدار بوده است. در نتیجه، این مسأله شرایط شکننده‌ای را برای این ذخیره در دریاچه پشت سد ارس به وجود آورده و تداوم این روند و عدم تعدیل بهره‌برداری از ذخیره این گونه، منجر به کاهش شدید و نهایتاً تخلیه ذخیره خواهد شد.

در دریاچه پشت سد ارس را به مدیران اجرایی استان توصیه می‌نماید تا بدین ترتیب ذخیره فرصت احیا و بازسازی را پیدا نماید.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مدیریت شیلات و آبزیان استان آذربایجان غربی و تعاونی صیادی شماره ۱۷ و ۱۸ ارس به جهت همکاری در تهیه داده‌ها و بیومتری تقدیر و تشکر می‌گردد. از آقایان مهندس رنجبر و دکتر حسن پور به جهت همکاری در نمونه‌برداری سپاسگزاری می‌گردد. این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه ارومیه و پژوهشکده آرتمیا و آبی پروری دانشگاه ارومیه با طرح مصوب شماره ۰۳/۱۴۰۱ انجام گردیده است.

گونه‌های مختلف بلکه در یک گونه نیز ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند. درحالت کلی، رابطه طول و وزن در ماهی‌ها، تحت تأثیر یک سری عوامل از جمله فصل، زیستگاه، مرحله رسیدگی گنادی، جنسیت، رژیم غذایی، پری معده، سلامت ماهی، تکنیک‌های حفاظت و تفاوت‌های سالانه در شرایط محیطی است (۱۶). وجود تفاوت در مقدار b می‌تواند به یک یا ترکیبی زیادی از عوامل از جمله تفاوت در تعداد نمونه‌های بررسی شده، تأثیرات منطقه/فصل و تفاوت در محدوده طولی مشاهده شده برای نمونه‌های صید شده، نسبت داده شود (۳۱). در مجموع، تخمین‌های حاصل از مدل‌سازی این مطالعه، لزوم مدیریت صید و صیادی غیرمجاز، توجه به سقف برداشت سالانه مجاز برای گونه کپور معمولی، به کارگیری سیاست‌های مدیریتی بر روی این ذخیره و حفاظت از مناطق نوزادگاهی آن

منابع

- 1- Abbasi, K., and A. Sarpanah, 2001. Fish fauna investigation in Aras reservoir and its Iranian tributaries. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 10(2): 41-62. (In Persian)
- 2- Amirjanati, A., M. Norouzi, M. H. Samiei and M. Behruz. 2015. Genetic variability and differentiation of common carp (*Cyprinus carpio*) in southern Caspian Sea and Aras dam. *Journal of Aquatic Ecology* 5(2): 18-27. (In Persian)
- 3- Bachok, Z., M. Mansor and R. Noordin. 2004. Diet composition and food habits of demersal and pelagic marine fishes from Terengganu waters, east coast of Peninsular Malaysia. *NAGA, WorldFish Center Quarterly* 27(3) 1-7.
- 4- Bonfil, R. 2005. Management Techniques for Elasmobranch Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474, PP. 6-14, FAO.
- 5- Chrysafi, A., and A. Kuparinen. 2016. Assessing abundance of populations with limited data: lessons learned from data-poor fisheries stock assessment. *Environmental Reviews* 24(1): 25-38.
- 6- Clark, C. W. 2006. The worldwide crisis in fisheries: economic models and human behavior. Cambridge University Press.
- 7- Cone, R. S. 1989. The need to reconsider the use of condition indices in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society* 118(5), 510-514.
- 8- Doyen, L., C. Béné, M. Bertignac, F. Blanchard, A. A. Cissé, C. Dichmont, S. Gourguet, O. Guyader, P. Y. Hardy and S. Jennings. 2017. Ecoviability for ecosystem-based fisheries management. *Fish and Fisheries* 18(6), 1056-1072.
- 9- FAO. 2020. World fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization. 1-244.
- 10- FAO. 2024. The state of world fisheries and aquaculture 2024 blue transformation in action. The United Nations.
- 11- Fazli, H., A. A. Janbaz and K. Khedmati. 2020a. Risk of stock extinction in two species of kilkas (*Clupeonella engrauliformis* and *C. grimmi*) from the Caspian Sea. *Iranian Journal of Ichthyology* 7(1): 92-100.
- 12- Fazli, H., M. Tavakoli, M. R. Khoshghalb, M. Moghim and T. Valinasab. 2020b. Population dynamics and the risk of stock extinction of Persian sturgeon (Borodin) in the Caspian Sea. *Fisheries & Aquatic Life* 28(2), 62-72.
- 13- Fazli, H., F. Kaymaram, G. R. Daryanabard, S. A. Hoseini, G. A. Bandani, M. Larijani and M. Yahyaei. 2023. Population biology and stock status of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) in the Caspian Sea. *Regional Studies in Marine Science* 68, 103272.
- 14- Foley, M. M., B. S. Halpern, F. Micheli, M. H. Armsby, M. R. Caldwell, C. M. Crain, E. Prahler, N. Rohr, D. Sivas, M. W. Beck, M. H. Carr, L. B. Crowder, J. Emmett Duffy, S. D. Hacker, K. L. McLeod, S. R. Palumbi, C. H. Peterson, H. M. Regan, M. H. Ruckelshaus, P. A. Sandifer and R. S. Steneck. 2010. Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy* 34(5): 955-966.
- 15- Fritsch, S., F. Guenther and M. F. Guenther. 2019. Package 'neuralnet'. *Training of Neural Networks* 2: 30-38.

- 16-Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22(4): 241-253.
- 17-Froese, R., N. Demirel, G. Coro, K. M. Kleisner and H. Winker. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 18(3): 506-526.
- 18-Froese, R., A. C. Tsikliras and K. I. Stergiou. 2011. Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41(4): 261-263.
- 19-Froese, R., H. Winker, G. Coro, M. L. Palomares, A. C. Tsikliras, D. Dimarchopoulou, K. Touloumis, N. Demirel, G. Vianna and G. Scarcella. 2023. New developments in the analysis of catch time series as the basis for fish stock assessments: The CMSY++ method. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 53: 173-189.
- 20-Haghi Vayghan, A., and N. Agh. 2022. Stock assessment of Aras Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) for sustainable fishing management. *Journal of Fisheries* 75(4): 507-520. (In Persian)
- 21-Haghi Vayghan, A., R. Ghorbani, Y. Peighambari, M. A. Lee, D. M. Kaplan and B. A. Block. 2018. Association between Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) distribution caught by Iranian purse seiners and environmental variables in the Indian Ocean. *Journal of Applied Ichthyological Research* 6(1): 1-20. (In Persian)
- 22-Haghi Vayghan, A., R. Ghorbani, S. Y. Peyghambari, M. A. Lee, D. M. Kaplan and B. A. Block. 2017. Relationship between yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution caught by Iranian purse seiners and environmental variables in the Indian Ocean. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 26(1): 67-82. (In Persian)
- 23-Haghi Vayghan, A., R. Zarkami, R. Sadeghi and H. Fazli. 2016. Modeling habitat preferences of *Caspian kutum*, *Rutilus frisii* kutum (Kamensky, 1901) (Actinopterygii, Cypriniformes) in the Caspian Sea. *Hydrobiologia* 766(1): 103-119.
- 24-Hill, S. L., J. Hinke, S. Bertrand, L. Fritz, R. W. Furness, J. N. Ianelli, M. Murphy, R. Oliveros-Ramos, L. Pichegru and R. Sharp. 2020. Reference points for predators will progress ecosystem-based management of fisheries. *Fish and Fisheries* 21 (2): 368-378.
- 25-Hossain, M.Y., S. Sayed, M. Mosaddequr Rahman, M. Ali, M. Hossen, A. Elgorban, Z. Ahmed and J. Ohtomi. 2015. Length-weight relationships of nine fish species from the Tetulia River, southern Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology* 31(5): 967-969. (In Persian)
- 26-Ji, Y., Q. Liu, B. Liao, Q. Zhang and Y. N. Han. 2019. Estimating biological reference points for Largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) fishery in the Yellow Sea and Bohai Sea. *Acta Oceanologica Sinica* 38(10): 20-26.
- 27-Kimura, D. K., and J. V. Tagart. 1982. Stock reduction analysis, another solution to the catch equations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39(11): 1467-1472.
- 28-Martell, S., and R. Froese. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 14(4): 504-514.
- 29-Mateus, L. D. F., and G. Estupiñán. 2002. Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá River basin, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62: 165-170.
- 30-Mohebbi, F. 2021. Aras River and Dam Reservoir Pollutions: human activities or climate change. *Ecology and Water Resources* 5(1): 60-66.
- 31-Moutopoulos, D., and K. Stergiou. 2002. Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology* 18(3): 200-203.
- 32-Nikolsky, G. 1976. The interrelation between variability of characters, effectiveness of energy utilization, and karyotype structure in fishes. *Evolution* 30(1):180-185.
- 33-Ojelade, O. C., I. T. Omoniyi, W. O. Abdul, F. I. Adeosun, A. A. Idowu and I. Abdulaheem. 2019. Reproductive Biology, Trophodynamics and Stock Structure of Ribbonfish (*Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758) in Tropical Marine Waters of the Bight of Benin. *Journal of Fisheries & Environment* 43(2):43-56.
- 34-Ovando, D., R. Hilborn, C. Monnahan, M. Rudd, R. Sharma, J. T. Thorson, Y. Rousseau and Y. Ye. 2021. Improving estimates of the state of global fisheries depends on better data. *Fish and Fisheries* 22(6): 1377-1391.
- 35-Palomares, M., and R. Froese. 2017. Training on the use of CMSY for the assessment of fish stocks in data-poor environments. Q-quatics Technical ReportNo. 2, p. 58. Bay Laguna Philippines.
- 36-Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. Food & Agriculture Org.
- 37-Sakineh, Y., S. Z. Abedi and H. Rahmani. 2013. A comparative study on some biological parameters in wild and farmed common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Animal Biology* 5(3), 0-0.
- 38-Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial fisheries. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 1: 25-56.
- 39-Schaefer, M. B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 2: 243-285.
- 40-Schnute, J. T., and L. J. Richards. 2002. Surplus production models PP. 104-126. In: Handbook of Fish Biology and Fisheries. Blackwell Publishing, Malden, MA, USA.
- 41-Schweder, T., and N. L. Hjort. 1996. Bayesian synthesis or likelihood synthesis-what does borel's paradox say?

Preprint series. Statistical Research Report 1-14.

- 42- Verhulst, P. F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. *Correspondence Mathematique et Physique* 10: 113-129.
- 43- Walters, C. J., S. J. Martell and J. Korman. 2006. A stochastic approach to stock reduction analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63(1): 212-223.
- 44- Winker, H., F. Carvalho and M. Kapur. 2018. JABBA: just another Bayesian biomass assessment. *Fisheries Research* 204: 275-288.
- 45- Yelghi, S., Z. Mazaheri Kohanestani and S. G. Mokarami. 2014. An investigation of some biological features of *Cyprinus carpio* (Linneaus, 1758) in Gorgan Rud estuary. *Journal of Applied Ichthyological Research* 1(4): 81-94. (In Persian)
- 46- Zhang, K., J. Zhang, Y. Xu, M. Sun, Z. Chen and M. Yuan. 2018. Application of a catch-based method for stock assessment of three important fisheries in the East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica* 37(2): 102-109.
- 47- Zhou, S., A. E. Punt, A. D. M. Smith, Y. Ye, M. Haddon, C. M. Dichmont and D. C. Smith. 2017. An optimized catch-only assessment method for data poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 75(3): 964-976.

Stock Status and Fisheries Reference Points for Common Carp (*Cyprinus carpio*) in the Aras Dam Reservoir, the West Azerbaijan Province

Ali Haghi Vayghan^{1*} and Mehrnaz Ghanbarzadeh²

(Received: November 23-2024; Accepted: December 15-2024)

Abstract

Aras Dam reservoir is the largest water source in the northwest of Iran in terms of exploitation of various aquatic species, but the information of its aquatic stocks is very limited. The purpose of this study was to determine the stock status of common carp (*Cyprinus carpio*) in the Aras Dam reservoir using the latest version of catch-maximum sustainable yield (CMSY⁺⁺) model. For this purpose, by using the CMSY⁺⁺ model and the catch data from October 2013 to March 2022, and harvest limit and stock level of the common carp in the Aras Dam reservoir were estimated. The results indicate the poor condition of this species and the high fishing pressure on its stock. The length-weight relationship showed that growth pattern in common carp was homogeneous. In general, the continuation of this trend and the failure to adjust the exploitation of this species stock, either legally or illegally, will lead to the reduction and depletion of its stock.. This study, recommends to the decision makers for appropriate mangement of fishing especially illegal fishing, to pay attention to the allowed annual harvest limits, apply management policies and protection of the nursery grounds of common carp in the Aras Dam reservoir.

Keywords: Stock management, CMSY⁺⁺, Aras Dam reservoir, Common Carp, Length-weight relationship.

1- Department of Ecology and Aquatic stocks management, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, P.O. Box: 57179-44514, Urmia, Iran.

2- Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, P.O. Box: 71441-65186, Shiraz, Fars, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a.haghi@urmia.ac.ir